



**FUNDAÇÃO EDSON QUEIROZ
UNIVERSIDADE DE FORTALEZA – UNIFOR
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS – CCT
CURSO ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO
SISTEMAS INTELIGENTES**

Relatório – PMC x Adaline (Regressão)

Trabalho a ser apresentado e submetido à avaliação para a disciplina de Sistemas Inteligentes do Curso de Engenharia de Computação do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade de Fortaleza.

Professor: Andre Luis V Coelho

ARTHUR UCHOA GOMES 1410706
DANIEL ARAGÃO ABREU FILHO 1420408

Abril – 2019

EXPERIMENTAÇÃO

Para começar iremos definir os parâmetros globais definidos no item **1. PROBLEMA DE REGRESSÃO – REDES ADALINE × PERCEPTRON MULTICAMADAS**. Seguem:

Parâmetro	Valor
Taxa de Aprendizado	0.01 / 0.1 / 0.2 / 0.5 / 0.7 / 1
Modo	Online / Offline
Limite de épocas de treinamento	10.000,00
Precisão (ϵ)	10^{-6}
Pesos aleatórios no intervalo	[-0,5 ; 0,5]
Normalização	Padronização / Min-max
3 topologias	*A serem definidas na tabela a seguir *

Topologias		
Topologia	1ª Cama escondida	Funções de ativação
PMC 1	2	Tangente hiperbólica para os neurônios escondidos e Linear para o neurônio de saída das redes PMC
PMC 2	5	
PMC 3	10	

Como resultado nos itens foi pedido como informação comparativa o **número de épocas de treinamento**, o valor do **erro quadrático médio (EQM) final** e também o valor do **EQM** para os dados de **treinamento** e **teste**.

OBS.: Nos tópicos teremos tabelas com resultados médios dentre as 5 execuções (para cada taxa de aprendizado) e em seguida dentre as taxas de aprendizado para cada topologia para simplificar a exibição dos resultados

1. PRIMEIRA ATIVIDADE

Para começar temos os resultados da execução para PMC e Adaline utilizando a **normalização via padronização**, e ambas redes neurais no **modo online**.

Pode-se observar nesta atividade que o **EQM**, tanto o final quanto os de teste e treino, **nas redes PMC são menores que na rede Adaline**. Entre as PMC, com as taxas de aprendizado 0.01 e 0.1, quanto mais neurônios na camada escondida, menor seu EQM de treino e final, mas maior o EQM de teste. A partir da taxa 0.2 o PMC3 começa a retornar 0. O PMC2 retorna 0 a partir de 0.5 e o PMC1 a partir de 0.7. A duração do PMC3, nas duas primeiras taxas de aprendizado, é bem maior.

		PMC 1 (2 neuronios na camada escondida)					PMC 2 (5 neuronios na camada escondida)					PMC 3 (10 neuronios na camada escondida)				
	Taxa	EQM Final	EQM Treino	EQM Teste	Épocas	Duração	EQM Final	EQM Treino	EQM Teste	Épocas	Duração	EQM Final	EQM Treino	EQM Teste	Épocas	Duração
Online	0.01	0,107	0,213	0,323	2911,2	92,268	0,059	0,118	0,440	1.451,6	93,005	0,023	0,047	0,608	1.372	168,174
	0.1	0,134	0,268	0,441	6499,6	183,429	0,070	0,140	0,553	8.571,2	548,972	0,026	0,053	0,631	5.424,4	667,147
	0.2	0,163	0,325	0,590	9506,4	328,322	0,162	0,324	0,724	9.262,4	582,841	0	0	0	0	0
	0.5	0,820	1,639	1,466	10001	281,987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Adaline						
	Taxa	EQM Final	EQM Treino	EQM Teste	Épocas	Duração
Online	0.01	0,239	0,613	0,630	42,400	5,860
	0.1	inf	0,971	0,998	690,400	22,310
	0.2	inf	1,713	1,350	7,200	0,290
	0.5	inf	2,978	2,744	5,000	0,035
	0.7	inf	1,790	1,709	4,000	0,028
	1.0	inf	0,982	0,902	3,000	0,024

2. SEGUNDA ATIVIDADE

Nesta atividade nos foi pedido para obter os mesmos dados da atividade anterior, mas agora considerando a execução para **PMC e Adaline**, ainda utilizando a **normalização via padronização**, mas agora com as redes no **modo offline**.

Diferentemente do online, nenhuma das topologias retornou 0, mas o PMC3 obteve EQMs infinitos quando utilizada a taxa de aprendizado 1.0. Tirando a taxa 1.0, a duração aumentou junto ao número de neurônios na camada escondida. Com relação aos EQMs, quanto mais neurônios na camada escondida, menor seus valores.

		PMC 1 (2 neuronios na camada escondida)					PMC 2 (5 neuronios na camada escondida)					PMC 3 (10 neuronios na camada escondida)				
	Taxa	EQM Final	EQM Treino	EQM Teste	Épocas	Duração	EQM Final	EQM Treino	EQM Teste	Épocas	Duração	EQM Final	EQM Treino	EQM Teste	Épocas	Duração
Offline	0.01	0,331	0,663	0,574	7.163,2	206,908	0,205	0,410	0,437	5.101,6	306,634	0,156	0,312	0,375	3705,4	430,538
	0.1	0,274	0,548	0,517	194	5,244	0,219	0,439	0,463	1.442,6	86,710	0,160	0,320	0,394	1230,2	142,289
	0.2	0,300	0,600	0,548	3.026,2	79,942	0,206	0,412	0,423	882,8	52,588	0,163	0,327	0,399	404	47,082
	0.5	0,280	0,561	0,457	202,6	5,463	0,188	0,377	0,440	255	15,362	0,155	0,310	0,356	628,4	72,529
	0.7	0,312	0,624	0,587	1.044	27,639	0,229	0,457	0,449	584,2	34,973	0,175	0,350	0,403	656	76,034
	1.0	0,287	0,575	0,527	4.364,8	114,187	0,248	0,497	0,501	413	24,691	inf	inf	inf	34.8	19,799

Adaline						
	Taxa	EQM Final	EQM Treino	EQM Teste	Épocas	Duração
Offline	0.01	0,237	0,609	0,630	29,000	29,220
	0.1	0,242	0,615	0,636	43558,000	7,128
	0.2	0,225	0,604	0,625	2,400	9,250
	0.5	inf	1,802	1,713	3,000	1,538
	0.7	nan	2,000	1,904	3,000	1,447
	1.0	nan	2,000	1,904	2,000	1,018

3. TERCEIRA ATIVIDADE

3.1. Nesta atividade nos foi pedido para obter os mesmos dados das atividades anterior, mas agora considerando apenas a execução para **PMC**, ainda utilizando a **normalização min-max**, com as redes no **modo online**.

Com a normalização min-max, podemos perceber que obtivemos valores muito inferiores aos do método online com a normalização via padronização, sendo EQMs, duração ou mesmo o número de épocas, e isso para qualquer uma das 3 topologias.

		PMC 1 (2 neuronios na camada escondida)					PMC 2 (5 neuronios na camada escondida)					PMC 3 (10 neuronios na camada escondida)				
		EQM Final	EQM Treino	EQM Teste	Épocas	Duração	EQM Final	EQM Treino	EQM Teste	Épocas	Duração	EQM Final	EQM Treino	EQM Teste	Épocas	Duração
Online	0.01	0,007	0,013	0,013	101,2	2,936	0,005	0,010	0,011	115,4	7,444	0,005	0,011	0,011	50,2	6,216
	0.1	0,004	0,008	0,01	359,8	9,957	0,004	0,008	0,01	559,4	34,016	0,004	0,008	0,010	560,4	65,333
	0.2	0,004	0,008	0,01	360,2	9,901	0,004	0,008	0,010	3.074,8	186,310	0	0	0	0	0
	0.5	0,013	0,027	0,029	4458,4	123,133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.2. Nesta atividade nos foi pedido para obter os mesmos dados das atividades anterior, mas agora considerando apenas a execução para **PMC**, ainda utilizando a **normalização min-max**, mas agora com as redes no **modo offline**.

Comparando com o **modo online** desta normalização min-max, os valores de EQM não foram tão maiores, apesar de ter atingido infinito quando utilizada a taxa de aprendizado 1.0 junto ao PMC3. Em comparação ao **modo offline**, mas com a **normalização via padronização**, os valores obtidos com a **normalização min-max** foram bem abaixo.

		PMC 1 (2 neuronios na camada escondida)					PMC 2 (5 neuronios na camada escondida)					PMC 3 (10 neuronios na camada escondida)				
		EQM Final	EQM Treino	EQM Teste	Épocas	Duração	EQM Final	EQM Treino	EQM Teste	Épocas	Duração	EQM Final	EQM Treino	EQM Teste	Épocas	Duração
Offline	0.01	0,012	0,025	0,021	1.080,8	28,371	0,010	0,021	0,02	2.495,6	146,686	0,009	0,018	0,016	1946	220,535
	0.1	0,009	0,018	0,016	936,8	24,037	0,008	0,017	0,015	1.454,8	85,847	0,006	0,013	0,014	1199,2	135,588
	0.2	0,010	0,021	0,017	1.111	30,218	0,007	0,015	0,014	888,8	51,867	0,006	0,013	0,014	1000,2	115,865
	0.5	0,010	0,020	0,017	570	15,012	0,007	0,014	0,014	568	33,627	0,005	0,011	0,011	668	75,798
	0.7	0,009	0,018	0,016	663	17,134	0,008	0,016	0,015	299,4	17,687	0,006	0,012	0,011	560	63,710
	1.0	0,008	0,016	0,015	518,6	13,550	0,008	0,016	0,015	424,2	24,928	inf	inf	inf	369,6	42,217

4. QUARTA ATIVIDADE

Nesta atividade nos foi pedido para indicar qual a topologia dentre as 3 utilizadas foi mais eficaz (obteve menor erro de aproximação médio nas amostras de treinamento e teste). Também foi questionado se houve alguma configuração da rede PMC onde o treinamento levou a *overfitting*.

Sobre a primeira pergunta, não foi possível inferir qual a topologia mais eficaz, visto que os valores de EQM obtidos foram muito semelhantes. Sobre a segunda pergunta, não se observou *overfitting* em nenhuma configuração de rede PMC.

CONCLUSÃO

Não foi possível observar um padrão de crescimento ou queda durante a utilização da normalização min-max nas redes PMC, mas com relação à normalização via padronização, alguns pontos são interessantes de serem ressaltados:

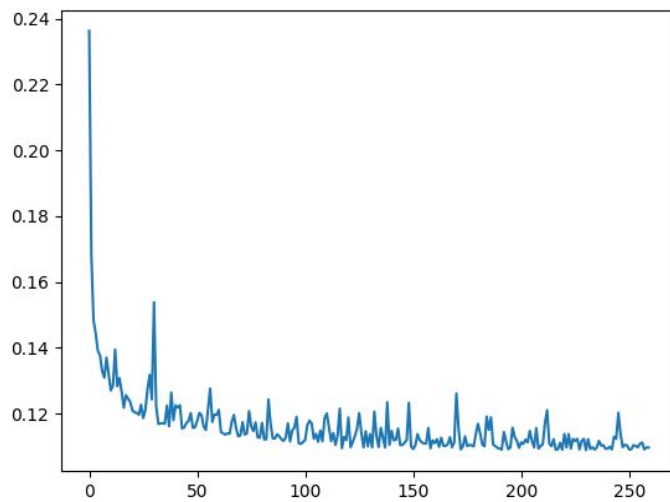
- Na rede online, o EQM de treino diminui a cada aumento de número de neurônios. Ou seja, diminui do PMC1 pro PMC3. O EQM de teste, porém, aumenta.
- Na rede offline, o EQM de treino tem o mesmo comportamento acima, mas o de teste também diminui.

Também foi possível observar que nas redes PMC, o número de neurônios a mais tendem a retornar 0 mais cedo em seus valores de EQM, duração e número de épocas. Com a rede PMC1, com 2 neurônios na camada escondida, obteve-se 0 a partir do uso da taxa de aprendizado 0.7. Já na rede PMC2, 0.5. Na rede PMC3 foi ainda mais cedo, com a taxa de aprendizado em 0.2. Esse comportamento ocorreu para as duas formas de normalização utilizadas.

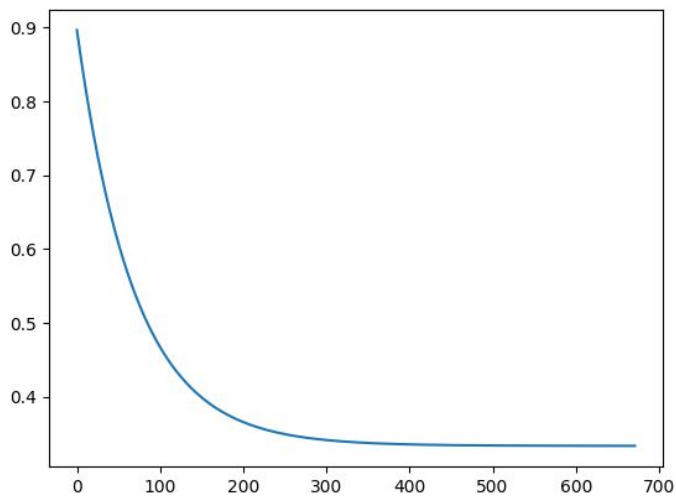
Apêndice 1

PMC

Tivemos resultados normais na primeira execução online para o η (taxa de aprendizagem) = **0.01**; **PMC 1**

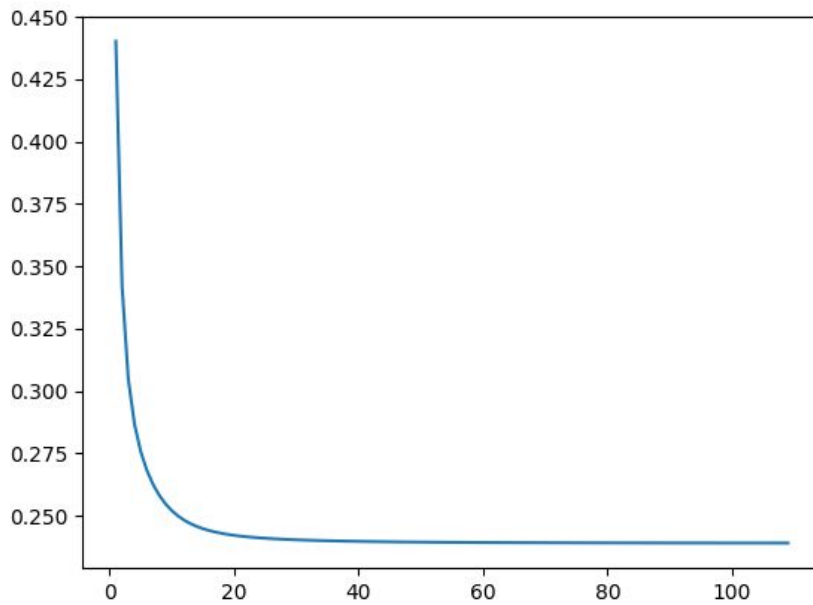


Para o **PMC1 offline** e **mesma taxa de aprendizado**, obtivemos:



ADALINE

Abaixo temos a imagem de um **Adaline online**, taxa de aprendizado **0.01**:



Apêndice 2

Planilha com os dados coletados para disponibilização digital:

<https://bit.ly/2UvcUdy>